



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 215 574.3**

(22) Anmeldetag: **07.08.2013**

(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**

(51) Int Cl.: **F02B 37/18 (2006.01)**

F02B 37/013 (2006.01)

F01N 3/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

(72) Erfinder:
Kuhlbach, Kai, 51427 Bergisch Gladbach, DE

(74) Vertreter:
**Drömer, Hans-Carsten, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 50735
Köln, DE**

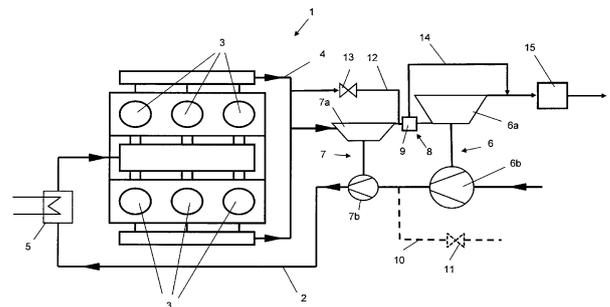
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Aufgeladene Brennkraftmaschine mit Abgasnachbehandlung und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine aufgeladene Brennkraftmaschine (1) mit einer Ansaugleitung (2) zur Versorgung mit Ladeluft und einer Abgasleitung (4) zur Abführung des Abgases und mit mindestens zwei in Reihe geschalteten Abgasturboladern (6, 7), die jeweils eine in der Abgasleitung (4) angeordnete Turbine (6a, 7a) und einen in der Ansaugleitung (2) angeordneten Verdichter (6b, 7b) umfassen und von denen ein erster Abgasturbolader (6) als Niederdruckstufe (6) dient und ein zweiter Abgasturbolader (7) als Hochdruckstufe (7) dient, wobei

- die zweite Turbine (7a) des zweiten Abgasturboladers (7) stromaufwärts der ersten Turbine (6a) des ersten Abgasturboladers (6) angeordnet ist und der zweite Verdichter (7b) des zweiten Abgasturboladers (7) stromabwärts des ersten Verdichters (6b) des ersten Abgasturboladers (6) angeordnet ist,
- eine erste Bypassleitung (14) vorgesehen ist, die stromaufwärts der ersten Turbine (6a) unter Ausbildung eines Knotenpunktes (8) von der Abgasleitung (4) abzweigt,
- eine zweite Bypassleitung (12) vorgesehen ist, die stromaufwärts der zweiten Turbine (7a) von der Abgasleitung (4) abzweigt und in der ein Absperrerelement (13) angeordnet ist, und
- stromabwärts der Turbinen (6a, 7a) in der Abgasleitung (4) mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem (15) vorgesehen ist,

wobei ein Ventil (9) am Knotenpunkt (8) in der Abgasleitung (4) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer Ansaugleitung zur Versorgung mit Ladeluft und einer Abgasleitung zur Abführung des Abgases und mit mindestens zwei in Reihe geschalteten Abgasturboladern, die jeweils eine in der Abgasleitung angeordnete Turbine und einen in der Ansaugleitung angeordneten Verdichter umfassen und von denen ein erster Abgasturbolader als Niederdruckstufe dient und ein zweiter Abgasturbolader als Hochdruckstufe dient, wobei

- die zweite Turbine des zweiten Abgasturboladers stromaufwärts der ersten Turbine des ersten Abgasturboladers angeordnet ist und der zweite Verdichter des zweiten Abgasturboladers stromabwärts des ersten Verdichters des ersten Abgasturboladers angeordnet ist,
- eine erste Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts der ersten Turbine unter Ausbildung eines Knotenpunktes von der Abgasleitung abzweigt,
- eine zweite Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts der zweiten Turbine von der Abgasleitung abzweigt und in der ein Absperrlement angeordnet ist, und
- stromabwärts der Turbinen in der Abgasleitung mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem vorgesehen ist.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine der oben genannten Art.

[0003] Eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird als Kraftfahrzeugantrieb eingesetzt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfasst der Begriff Brennkraftmaschine Ottomotoren, Dieselmotoren, aber auch Hybrid-Brennkraftmaschinen, die ein Hybrid-Brennverfahren nutzen, und Hybrid-Antriebe, die neben der Brennkraftmaschine eine mit der Brennkraftmaschine antriebsverbindbare Elektromaschine umfassen, welche Leistung von der Brennkraftmaschine aufnimmt oder als zuschaltbarer Hilfsantrieb zusätzlich Leistung abgibt.

[0004] Die Aufladung dient in erster Linie der Leistungssteigerung der Brennkraftmaschine. Die für den Verbrennungsprozess benötigte Luft wird dabei verdichtet, wodurch jedem Zylinder pro Arbeitsspiel eine größere Luftmasse zugeführt werden kann. Dadurch können die Kraftstoffmasse und damit der Mitteldruck gesteigert werden.

[0005] Die Aufladung ist ein geeignetes Mittel, bei unverändertem Hubraum die Leistung einer Brennkraftmaschine zu steigern, oder bei gleicher Leistung den Hubraum zu reduzieren. In jedem Fall führt die Aufladung zu einer Erhöhung der Bauraumleistung und einer günstigeren Leistungsmasse. Bei gleichen

Fahrzeugrandbedingungen lässt sich so das Lastkollektiv zu höheren Lasten hin verschieben, bei denen der spezifische Kraftstoffverbrauch niedriger ist. Letzteres wird auch als Downsizing bezeichnet.

[0006] Die Aufladung unterstützt folglich das ständige Bemühen in der Entwicklung von Brennkraftmaschinen, aufgrund der begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern, insbesondere aufgrund der begrenzten Vorkommen an Mineralöl als Rohstoff für die Gewinnung von Brennstoffen für den Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen, den Kraftstoffverbrauch zu minimieren, d. h. den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine zu verbessern.

[0007] In der Regel wird für die Aufladung ein Abgasturbolader eingesetzt, bei dem ein Verdichter und eine Turbine auf derselben Welle angeordnet sind, wobei der heiße Abgasstrom der Turbine zugeführt wird und sich unter Energieabgabe in dieser Turbine entspannt, wodurch die Welle in Drehung versetzt wird. Die vom Abgasstrom an die Turbine und schließlich an die Welle abgegebene Energie wird für den Antrieb des ebenfalls auf der Welle angeordneten Verdichters genutzt. Der Verdichter fördert und komprimiert die ihm zugeführte Ladeluft, wodurch eine Aufladung der Zylinder erreicht wird. Gegebenenfalls ist zusätzlich eine Ladeluftkühlung vorgesehen, mit der die komprimierte Ladeluft vor Eintritt in die Zylinder gekühlt wird.

[0008] Der Vorteil des Abgasturboladers beispielsweise im Vergleich zu einem mechanischen Lader besteht darin, dass keine mechanische Verbindung zur Leistungsübertragung zwischen Lader und Brennkraftmaschine besteht bzw. erforderlich ist. Während ein mechanischer Lader die für seinen Antrieb benötigte Energie vollständig von der Brennkraftmaschine bezieht und somit die bereitgestellte Leistung mindert und auf diese Weise den Wirkungsgrad nachteilig beeinflusst, nutzt der Abgasturbolader die Abgasenergie der heißen Abgase.

[0009] Schwierigkeiten bereitet die Auslegung der Abgasturboaufladung, wobei grundsätzlich eine spürbare Leistungssteigerung in allen Drehzahlbereichen angestrebt wird. Bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen mit einem Abgasturbolader wird bei Unterschreiten einer bestimmten Drehzahl ein starker Drehmomentabfall beobachtet. Dieser Effekt ist unerwünscht und zählt daher auch zu den gravierendsten Nachteilen der Abgasturboaufladung.

[0010] Verständlich wird dieser Drehmomentabfall, wenn berücksichtigt wird, dass das Ladedruckverhältnis vom Turbinendruckverhältnis abhängt. Wird beispielsweise die Motordrehzahl verringert, führt dies zu einem kleineren Abgasmassenstrom und damit zu einem kleineren Turbinendruckverhältnis. Dies hat zur Folge, dass zu niedrigeren Drehzahlen

hin das Ladedruckverhältnis ebenfalls abnimmt, was gleichbedeutend ist mit einem Drehmomentabfall.

[0011] Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine wird nach dem Stand der Technik durch unterschiedliche Maßnahmen zu verbessern versucht, beispielsweise durch eine kleine Auslegung des Turbinenquerschnittes und gleichzeitiger Abgasabbläsung, was aber zu Nachteilen bei hohen Drehzahlen führt. Überschreitet der Abgasmassenstrom eine kritische Größe wird ein Teil des Abgasstromes im Rahmen einer Abgasabbläsung mittels Bypassleitung an der Turbine vorbei geführt.

[0012] Grundsätzlich ist auch eine kleine Auslegung des Turbinenquerschnittes zusammen mit einer Ladeluftabbläsung möglich, wobei diese Variante aufgrund der energetischen Nachteile der Ladeluftabbläsung selten zum Einsatz kommt, und die vorhandenen Verdichter an ihre Fördergrenze geraten können und somit die gewünschte Leistung nicht mehr dargestellt werden kann.

[0013] Der Abgasturbolader kann aber auch auf hohe Drehzahlen abgestimmt mit einem großen Turbinenquerschnitt ausgelegt werden. Dabei wird das Saugsystem dann in der Weise gestaltet, dass durch Wellenvorgänge bei niedrigen Drehzahlen eine dynamische Aufladung erfolgt. Nachteilig sind dabei der hohe Bauaufwand und das träge Verhalten bei Drehzahländerungen.

[0014] Eine Turbine mit variabler Turbinengeometrie gestattet eine Anpassung der Turbinengeometrie bzw. des wirksamen Turbinenquerschnittes an den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, so dass eine Regelung der Turbinengeometrie im Hinblick auf niedrige und hohe Drehzahlen als auch für niedrige und hohe Lasten erfolgen kann.

[0015] Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine kann des Weiteren durch mehrere parallel oder in Reihe geschaltete Turbolader verbessert werden, gegebenenfalls in Kombination mit einem mechanischen Lader.

[0016] Die Brennkraftmaschine, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, verfügt über mindestens zwei in Reihe angeordnete Turbolader. Durch das in Reihe Schalten von zwei Abgasturboladern, von denen ein Abgasturbolader als Hochdruckstufe und ein Abgasturbolader als Niederdruckstufe dient, kann das Verdichterkennfeld in vorteilhafter Weise aufgeweitet werden und zwar sowohl hin zu kleineren Verdichterströmen als auch hin zu größeren Verdichterströmen.

[0017] Insbesondere ist bei dem als Hochdruckstufe dienenden Abgasturbolader ein Verschieben

der Pumpgrenze hin zu kleineren Verdichterströmen möglich, wodurch auch bei kleinen Verdichterströmen hohe Ladedruckverhältnisse erzielt werden können, was im unteren Teillastbereich die Drehmomentcharakteristik deutlich verbessert. Erreicht wird dies durch eine Auslegung der Hochdruckturbine auf kleine Abgasmassenströme und Vorsehen einer Bypassleitung, mit der bei zunehmendem Abgasmassenstrom zunehmend Abgas an der Hochdruckturbine vorbeigeführt wird. Die Bypassleitung zweigt hierzu stromaufwärts der Hochdruckturbine von der Abgasleitung ab und mündet stromabwärts der Turbine wieder in die Abgasleitung, wobei in der Bypassleitung ein Absperrerelement angeordnet ist, um den an der Hochdruckturbine vorbeigeführten Abgasstrom zu steuern.

[0018] Zwei in Reihe geschaltete Abgasturbolader bieten aber darüber hinaus noch weitere Vorteile. Die Leistungssteigerung durch Aufladung kann weiter erhöht werden. Des Weiteren ist das Ansprechverhalten einer derart aufgeladenen Brennkraftmaschine, insbesondere im Teillastbereich, deutlich verbessert gegenüber einer vergleichbaren Brennkraftmaschine mit einstufiger Aufladung. Der Grund hierfür ist darin zu finden, dass die kleinere Hochdruckstufe weniger träge ist als ein im Rahmen einer einstufigen Aufladung verwendeter größerer Abgasturbolader, weil sich das Laufzeug bzw. Laufrad eines kleiner dimensionierten Abgasturboladers schneller beschleunigen und verzögern lässt.

[0019] Dies hat auch hinsichtlich der Partikelemissionen Vorteile. Da bei einer Beschleunigung die notwendige Zunahme der den Zylindern zugeführten Luftmasse der erhöhten Kraftstoffmenge infolge der Trägheit der Laufräder nur verzögert erfolgt, wird die Ladeluft bei einem kleineren Hochdruckturbolader nahezu verzögerungsfrei dem Motor zugeführt, und somit werden Betriebszustände mit erhöhter Partikelemission nahezu vermieden.

[0020] Als problematisch erweist sich die Abgasturboaufladung in Kombination mit einer Abgasnachbehandlung. Eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 wird beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung EP 1 396 619 A1 beschrieben. Die EP 1 396 619 A1 hat die gleichzeitige Verwendung einer Abgasturboaufladung und einer Abgasnachbehandlung zum Gegenstand, wobei die möglichst nahe Anordnung des Abgasnachbehandlungssystems am Auslass der Brennkraftmaschine angestrebt wird. Es werden mehrere Konzepte aufgezeigt. Bei einer Ausführungsform gemäß der EP 1 396 619 A1 wird der Abgasstrom mittels geeigneter Umschaltvorrichtungen und Bypassleitungen in der Art gelenkt, dass er an beiden Turbinen vorbei geführt wird. Dies bietet hinsichtlich eines in der Abgasleitung stromabwärts der Turbinen angeordneten Katalysators, insbesondere nach einem Kaltstart bzw.

in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine, Vorteile, da die heißen Abgase direkt dem Katalysator zugeführt werden und nicht erst unter Wärmeabgabe durch die als Temperatursenke anzusehenden Turbinen geleitet werden. Auf diese Weise erreicht der Katalysator nach einem Kaltstart bzw. in der Warmlaufphase schneller seine Anspringtemperatur. Eine weitere Ausführungsform sieht die Anordnung eines zweiten Katalysators in der die beiden Turbinen umgehenden Bypassleitung vor.

[0021] Nachteilig an dem in der EP 1 396 619 A1 beschriebenen Konzept ist, dass in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine das gesamte Abgas zwecks Aufheizung den Katalysatoren zugeführt wird und kein Abgas durch die Turbinen geleitet wird, so dass während der Warmlaufphase mangels Ladedruck keine Aufladung erfolgt.

[0022] Der aufgezeigte Konflikt zwischen Abgasturboaufladung und Abgasnachbehandlung kann nach dem Stand der Technik nicht aufgelöst werden.

[0023] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine aufgeladene Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, mit der die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden und mit der insbesondere nach einem Kaltstart gleichzeitig hohe Ladedrücke bereitgestellt werden können und eine schnelle Aufheizung der Abgasnachbehandlungssysteme realisiert werden kann.

[0024] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine der oben genannten Art aufzuzeigen.

[0025] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer Ansaugleitung zur Versorgung mit Ladeluft und einer Abgasleitung zur Abführung des Abgases und mit mindestens zwei in Reihe geschalteten Abgasturboladern, die jeweils eine in der Abgasleitung angeordnete Turbine und einen in der Ansaugleitung angeordneten Verdichter umfassen und von denen ein erster Abgasturbolader als Niederdruckstufe dient und ein zweiter Abgasturbolader als Hochdruckstufe dient, wobei

- die zweite Turbine des zweiten Abgasturboladers stromaufwärts der ersten Turbine des ersten Abgasturboladers angeordnet ist und der zweite Verdichter des zweiten Abgasturboladers stromabwärts des ersten Verdichters des ersten Abgasturboladers angeordnet ist,
- eine erste Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts der ersten Turbine unter Ausbildung eines Knotenpunktes von der Abgasleitung abzweigt,

- eine zweite Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts der zweiten Turbine von der Abgasleitung abzweigt und in der ein Absperrlement angeordnet ist, und stromabwärts der Turbinen in der Abgasleitung mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem vorgesehen ist, und die dadurch gekennzeichnet ist, dass
- ein Ventil am Knotenpunkt in der Abgasleitung angeordnet ist.

[0026] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ist mit zwei in Reihe geschalteten, in einer Abgasleitung angeordneten Turbinen und zwei in Reihe geschalteten, in einer Ansaugleitung angeordneten Verdichtern ausgestattet.

[0027] Vorteilhaft sind daher Ausführungsformen, bei denen der erste Verdichter größer ausgelegt ist als der zweite Verdichter, weil bei dieser Ausgestaltung der Brennkraftmaschine der erste Verdichter im Rahmen der zweistufigen Verdichtung die Niederdruckstufe bildet, wohingegen der zweite Verdichter die bereits vorverdichtete Luft komprimiert und somit die Hochdruckstufe darstellt.

[0028] Aus demselben Grund sind Ausführungsformen vorteilhaft, bei denen die erste Turbine größer ausgelegt ist als die zweite Turbine. Denn die zweite Turbine dient als Hochdruckturbine, während sich in der ersten Turbine ein Abgasstrom entspannt, der bereits infolge des Durchlaufens der Hochdruckstufe einen geringeren Druck und eine geringere Dichte aufweist.

[0029] Erfindungsgemäß verfügt die Turbine der Hochdruckstufe über keine Bypassleitung, wohingegen die Turbine der Niederdruckstufe über eine Bypassleitung verfügt, durch die Abgas an der Turbine vorbei geleitet werden kann.

[0030] Während der Warmlaufphase wird der Abgasstrom, vorzugsweise der gesamte Abgasstrom, durch die zweite Turbine, d. h. durch die Turbine der Hochdruckstufe, geführt und stromabwärts der zweiten Turbine via erster Bypassleitung, die stromaufwärts der ersten Turbine unter Ausbildung eines Knotenpunktes von der Abgasleitung abzweigt, an der ersten Turbine vorbei und wieder in die Abgasleitung geleitet.

[0031] Wird der gesamte Abgasstrom in der Warmlaufphase durch die kleinere zweite Turbine geführt, wird dadurch ein ausreichend hoher Ladedruck erzeugt. Gleichzeitig wird durch Umgehung der ersten Turbine die größere als Temperatursenke anzusehende Turbine eliminiert und das heiße Abgas direkt dem mindestens einen Abgasnachbehandlungssystem zugeführt, weshalb dieses System nach einem Kaltstart bzw. in der Warmlaufphase schneller seine Anspringtemperatur erreicht.

[0032] An dem Knotenpunkt, an welchem die erste Bypassleitung von der Abgasleitung abzweigt, ist ein Ventil angeordnet, das in der Warmlaufphase die Abgasleitung zu der ersten Turbine versperrt und die erste Bypassleitung freigibt, so dass der gesamte Abgasstrom an der größeren ersten Turbine vorbei geführt wird. Dies ist ein entscheidender Vorteil im Vergleich zu herkömmlichen Ausführungsformen, bei denen das Ventil in der Bypassleitung selbst angeordnet ist und bei geöffnetem Ventil weiter Abgas in die Turbine der Niederdruckstufe strömen kann. Zwar bildet die Turbine der Niederdruckstufe auch dann einen gewissen Strömungswiderstand. Nichtsdestotrotz strömt ein Teil des Abgasstroms durch die größere erste Turbine. Dieser Teilstrom ist aber bei den hier betrachteten Betriebsmodi prozentual ein nicht unerheblicher Teil des Gesamtabgasstroms, der dann dem Abgasnachbehandlungssystem nach einem Kaltstart nicht direkt zur Aufheizung zur Verfügung steht.

[0033] Mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich eine aufgeladene Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitgestellt, mit der nach einem Kaltstart hohe Ladedrücke bereitgestellt werden können und gleichzeitig eine schnelle Aufheizung der Abgasnachbehandlungssysteme realisiert werden kann.

[0034] Das mindestens eine Abgasnachbehandlungssystem kann ein Oxidationskatalysator, ein Dreiwegekatalysator, ein Speicherkatalysator, ein selektiver Katalysator und/oder ein Partikelfilter sein.

[0035] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

[0036] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen das Ventil am Knotenpunkt ein 3-2-Wege-Ventil ist.

[0037] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen das Ventil am Knotenpunkt eine verschwenkbare Klappe ist.

[0038] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die Klappe ausgehend von einer versperrten ersten Bypassleitung beim Freigeben der ersten Bypassleitung gegen die Abgasströmung verschwenkbar ist. Dann wird die Klappe, falls diese defekt ist, vom Abgasstrom in die Stellung geschwenkt, in der die erste Bypassleitung versperrt ist, und beide Turbinen werden vom Abgas durchströmt.

[0039] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen das Ventil elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch

oder magnetisch steuerbar ist, vorzugsweise mittels Motorsteuerung.

[0040] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen das Ventil stufenlos oder in Stufen steuerbar, d. h. schaltbar ist.

[0041] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die erste Bypassleitung stromabwärts der ersten Turbine wieder in die Abgasleitung mündet.

[0042] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die zweite Bypassleitung stromaufwärts der ersten Turbine und stromabwärts der zweiten Turbine wieder in die Abgasleitung mündet.

[0043] Dass die Bypassleitungen wieder in die Abgasleitung münden, hat den Vorteil, dass dann das gesamte Abgas dem in der Abgasleitung vorgesehenen Abgasnachbehandlungssystem zugeführt werden kann.

[0044] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen eine Abgasrückführung vorgesehen ist, welche eine Leitung umfasst, die stromaufwärts der beiden Turbinen aus der Abgasleitung abzweigt und in die Ansaugleitung mündet, vorzugsweise stromabwärts der Verdichter.

[0045] Um zukünftige Grenzwerte für Stickoxidemissionen einzuhalten, wird zunehmend häufig eine Abgasrückführung eingesetzt, d. h. die Rückführung von Abgasen aus der Abgasleitung in die Ansaugleitung, bei der mit zunehmender Abgasrückführrate die Stickoxidemissionen deutlich gesenkt werden können. Die Abgasrückführrate x_{AGR} bestimmt sich dabei wie folgt:

$$x_{AGR} = m_{AGR} / (m_{AGR} + m_{Frischluf}),$$

wobei m_{AGR} die Masse an zurückgeführtem Abgas und $m_{Frischluf}$ die zugeführte – gegebenenfalls durch einen Verdichter geführte und komprimierte – Frischluft bzw. Verbrennungsluft bezeichnet.

[0046] Die Abgasrückführung eignet sich auch zur Reduzierung der Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Teillastbereich.

[0047] Um eine deutliche Senkung der Stickoxidemissionen zu erreichen, sind hohe Abgasrückführaten erforderlich, die in der Größenordnung von $x_{AGR} \approx 60\%$ bis 70% liegen können.

[0048] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen der erste Verdichter größer ausgelegt ist als der zweite Verdichter.

[0049] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die erste Turbine größer ausgelegt ist als die zweite Turbine.

[0050] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die zweite Turbine des zweiten Abgasturboladers eine variable Turbinengeometrie aufweist.

[0051] Eine variable Turbinengeometrie erhöht die Flexibilität der Aufladung. Sie gestattet eine stufenlose Anpassung der Turbinengeometrie an den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine bzw. an den momentanen Abgasmassenstrom. Im Gegensatz zu einer Turbine mit fester Geometrie muss kein Kompromiß bei der Auslegung der Turbine eingegangen werden, um in sämtlichen Drehzahl- bzw. Lastbereichen eine mehr oder weniger zufriedenstellende Aufladung zu realisieren.

[0052] Insbesondere gestattet die Kombination aus Turbine mit variabler Turbinengeometrie und einer diese Turbine umgehenden Bypassleitung die Auslegung der Hochdruckturbine auf sehr kleine Abgasmassenströme und damit auf den unteren Teillastbereich. Folglich können auch bei niedrigen Drehzahlen bzw. auch bei sehr geringen Abgasmassenströmen hohe Turbinendruckverhältnisse erzielt werden.

[0053] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen eine dritte Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts des ersten Verdichters von der Ansaugleitung abzweigt und in der ein Absperrerelement angeordnet ist. Diese Bypassleitung kann der Ladeluftabbläsung dienen und kann stromaufwärts des ersten Verdichters wieder in die Ansaugleitung münden, wodurch die im ersten Verdichter komprimierte Frischluft nicht abgeblasen, sondern lediglich zurückgeführt wird. Zur Steuerung der abgeblasenen bzw. rückgeführten Frischluftmenge ist ein Absperrerelement in der Bypassleitung vorgesehen.

[0054] Diese dritte Bypassleitung kann aber auch zum Ansaugen von Frischluft dienen und zwar in den Fällen, in denen kaum bzw. kein Abgas die erste große Turbine durchströmt und daher die zweite, kleinere Turbine die Verdichterarbeit leistet. Dann stellt der erste Verdichter lediglich einen Strömungswiderstand für die vom zweiten Verdichter angesaugte Frischluft dar. Eine Bypassleitung gestattet dann die Umgehung des zweiten Verdichters und damit eine Entdrosselung der Ansaugleitung.

[0055] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen stromabwärts der Verdichter ein Ladeluftkühler in der Ansaugleitung angeordnet ist. Der Ladeluftkühler senkt die Lufttemperatur und steigert damit die Dichte der Ladeluft, wodurch auch der Kühler zu einer besseren

Füllung des Brennraums mit Luft d. h. zu einer größeren Luftmasse beiträgt.

[0056] Bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen mit mindestens zwei Zylindern, bei der jeder Zylinder mindestens eine Auslassöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslassöffnung eine Abgasleitung anschließt, sind Ausführungsformen vorteilhaft, die dadurch gekennzeichnet sind, dass die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern innerhalb des Zylinderkopfes zu mindestens einer Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0057] Die Turbinen können dann sehr nah am Auslass der Brennkraftmaschine, d. h. nahe an den Auslassöffnungen der Zylinder, angeordnet werden. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass die Abgasenthalpie optimal genutzt und ein schnelles Ansprechverhalten der Turbinen gewährleistet werden kann.

[0058] Die Integration der Abgaskrümmen in den Zylinderkopf führt des Weiteren zu einer kompakten Bauweise des Zylinderkopfes und damit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine und gestattet ein dichtes Packaging der gesamten Antriebseinheit. Zudem kann auf diese Weise an einer gegebenenfalls im Zylinderkopf vorgesehenen Flüssigkeitskühlung partizipiert werden, so dass die Krümmen nicht aus thermisch hochbelastbarem und damit kostenintensiven Werkstoffen gefertigt werden müssen.

[0059] Bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen mit mindestens einem Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist und mit mindestens einem integrierten Kühlmittelmantel ausgestattet ist, sind Ausführungsformen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der mindestens eine integrierte Kühlmittelmantel einen unteren Kühlmittelmantel, der zwischen den Abgasleitungen und der Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, und einen oberen Kühlmittelmantel, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen angeordnet ist, aufweist.

[0060] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen beabstandet zu den Abgasleitungen in einer Außenwandung des Zylinderkopfes, aus der die mindestens eine Gesamtabgasleitung austritt, mindestens eine Verbindung zwischen dem unteren Kühlmittelmantel und dem oberen Kühlmittelmantel vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung benachbart zu dem Bereich angeordnet ist, in dem die Abgasleitungen zur Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0061] Über die mindestens eine Verbindung in der Außenwandung des Zylinderkopfes kann Kühlmittel aus dem unteren Kühlmittelmantel in den oberen Kühlmittelmantel strömen und umgekehrt. Damit ist im Zylinderkopf mindestens eine Verbindung auf der den mindestens zwei Zylindern abgewandten Seite des integrierten Abgaskrümmers angeordnet. Die mindestens eine Verbindung liegt somit gewissermaßen außerhalb des integrierten Abgaskrümmers.

[0062] Bei der Verbindung handelt es sich vorliegend um einen Durchbruch bzw. Durchflusskanal, der den unteren Kühlmittelmantel mit dem oberen Kühlmittelmantel verbindet und durch den ein Austausch von Kühlmittel zwischen den beiden Kühlmittelmanteln ermöglicht und realisiert wird.

[0063] Zum einen findet hierdurch grundsätzlich eine Kühlung auch im Bereich der Außenwandung des Zylinderkopfes statt, auf die nach dem Stand der Technik bewusst zur Realisierung einer kompakten Bauweise verzichtet wird. Zum anderen wird die herkömmliche Längsströmung des Kühlmittels, d. h. der Kühlmittelstrom in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes ergänzt durch eine Kühlmittelquerströmung, die quer zur Längsströmung und vorzugsweise in etwa in Richtung der Zylinderlängsachsen verläuft. Dabei trägt die durch die mindestens eine Verbindung hindurchgeführte Kühlmittelströmung maßgeblich zur Wärmeabfuhr bei. Insbesondere kann durch eine entsprechende Dimensionierung des Querschnitts der mindestens einen Verbindung gezielt Einfluss genommen werden auf die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels in der Verbindung und damit auf die Wärmeabfuhr im Bereich dieser mindestens einen Verbindung.

[0064] Vorteilhaft sind daher auch insbesondere Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der untere und der obere Kühlmittelmantel nicht über den gesamten Bereich der Außenwandung miteinander verbunden sind, sondern sich die mindestens eine Verbindung nur über einen Teilbereich der Außenwandung erstreckt. Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit in der mindestens einen Verbindung gesteigert werden, was den Wärmeübergang durch Konvektion erhöht. Vorteile bietet dies auch hinsichtlich der mechanischen Festigkeit des Zylinderkopfes.

[0065] Die Kühlung des Zylinderkopfes kann zusätzlich und vorteilhafterweise dadurch verbessert werden, dass zwischen dem oberen und unteren Kühlmittelmantel ein Druckgefälle generiert wird, wodurch wiederum die Geschwindigkeit in der mindestens einen Verbindung erhöht wird, was zu einem erhöhten Wärmeübergang infolge Konvektion führt.

[0066] Erfindungsgemäß ist die mindestens eine Verbindung benachbart zu dem Bereich angeordnet,

in dem die Abgasleitungen zu der Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0067] In dem Bereich, in dem die Abgasleitungen in eine gemeinsame Gesamtabgasleitung münden und das heiße Abgas der Zylinder der Brennkraftmaschine gesammelt wird, ist der Zylinderkopf thermisch besonders hoch belastet.

[0068] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen eine Bypassleitung vorgesehen ist, die stromaufwärts des zweiten Verdichters von der Ansaugleitung abzweigt und stromabwärts dieses zweiten Verdichters wieder in die Ansaugleitung mündet, wobei in dieser Bypassleitung ein Absperrerelement angeordnet ist. Diese Bypassleitung gestattet die Umgehung des Hochdruckverdichters. Dies ermöglicht die Abstimmung des durch den Hochdruckverdichter geführten Frischluftmassenstromes auf den durch die Hochdruckturbinen geführten Abgasmassenstrom und damit an die zur Verfügung stehende Turbinenleistung.

[0069] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die erste Turbine d. h. die Turbine der Niederdruckstufe eine variable Turbinengeometrie aufweist. Das weiter oben für die Turbine der Hochdruckstufe Gesagte hat ebenso Gültigkeit für die Niederdruckturbinen, weshalb auf diese Ausführungen Bezug genommen wird. Eine variable Turbinengeometrie erhöht die Flexibilität der Aufladung. Sie gestattet durch Verstellen der Schaufeln eine stufenlose Anpassung der Turbinengeometrie an den momentanen Abgasmassenstrom.

[0070] Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen die erste Turbinen eine feste, nicht veränderbare Turbinengeometrie aufweist. Diese Ausführungsform hat insbesondere Kostenvorteile. Einerseits entfällt bei dieser Turbinenbauweise die komplexe und kostenintensive Verstellmechanik. Andererseits ist prinzipbedingt keine Steuerung der Turbinen notwendig.

[0071] Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen der erste Verdichter eine feste, nicht veränderbare Verdichtergeometrie aufweist. Verdichter mit fester Geometrie weisen aus denselben Gründen wie Turbinen mit fester Geometrie, nämlich aufgrund der einfacheren Bauweise, Kostenvorteile auf.

[0072] Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen der erste Verdichter eine variable Verdichtergeometrie (VVG) aufweist. Vorteile bietet die veränderbare Verdichtergeometrie des ersten Verdichters insbesondere in den Betriebszuständen, in denen kaum Abgas durch die erste, größere Turbinen strömt und daher kaum Leistung von der ersten Turbinen zur Verdich-

tung der Frischluft bereitgestellt wird. In diesen Fällen stellt der erste Verdichter lediglich einen Strömungswiderstand für die vom zweiten Verdichter angesaugte Frischluft dar. Eine variable Verdichtergeometrie gestattet dann die Entdrosselung der Ansaugleitung durch Vergrößerung des Strömungsquerschnittes des ersten Verdichters.

[0073] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen die Leitung zur Abgasrückführung stromabwärts des Ladeluftkühlers in die Ansaugleitung mündet. Auf diese Weise wird der Abgasstrom nicht durch den Ladeluftkühler geführt und kann folglich diesen Kühler nicht durch Ablagerungen von im Abgasstrom enthaltenen Schadstoffen, insbesondere Rußpartikeln und Öl, verschmutzen.

[0074] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen in der Leitung zur Abgasrückführung ein zusätzlicher Kühler vorgesehen ist. Dieser zusätzliche Kühler senkt die Temperatur im heißen Abgasstrom und steigert damit die Dichte der Abgase. Die Temperatur der Zylinderfrischladung, die sich bei der Mischung der Frischluft mit den rückgeführten Abgasen einstellt, wird hierdurch folglich weiter gesenkt, wodurch auch der zusätzliche Kühler zu einer besseren Füllung des Brennraums mit Frischgemisch beiträgt.

[0075] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen in der Leitung zur Abgasrückführung ein Absperrerelement vorgesehen ist. Dieses Absperrerelement dient der Steuerung der Abgasrückführrate.

[0076] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass in der Warmlaufphase die erste Bypassleitung freigegeben und der Abgasstrom via Abgasleitung zur ersten Turbine unterbunden wird.

[0077] Das im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0078] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 1** näher beschrieben. Hierbei zeigt:

[0079] **Fig. 1** schematisch eine erste Ausführungsform der aufgeladenen Brennkraftmaschine.

[0080] **Fig. 1** zeigt eine erste Ausführungsform der aufgeladenen Brennkraftmaschine **1** am Beispiel eines Sechs-Zylinder-V-Motors. Die Zylinder **3** der Brennkraftmaschine **1** sind auf zwei Zylinderbänken angeordnet und bilden auf diese Weise zwei Zylindergruppen, die jeweils über eine Abgasleitung zur

Abführung der heißen Verbrennungsgase verfügen, welche zu einer Gesamtabgasleitung **4** zusammenführen, wodurch sämtliche Abgasleitungen **4** miteinander in Verbindung stehen und in sämtlichen Abgasleitungen derselbe Abgasdruck herrscht. Des Weiteren verfügt die Brennkraftmaschine **1** über eine Ansaugleitung **2** zur Versorgung der Zylinder **3** mit Ladeluft bzw. Frischgemisch.

[0081] Die Brennkraftmaschine **1** ist mit zwei in Reihe geschalteten, in der Abgasleitung **4** angeordneten Turbinen **6a**, **7a** und zwei in Reihe geschalteten, in der Ansaugleitung **2** angeordneten Verdichtern **6b**, **7b** ausgestattet, wobei jeweils eine Turbine **6a**, **7a** und ein Verdichter **6b**, **7b** zu einem Abgasturbolader **6**, **7** zusammengefasst sind. Somit kann die der Brennkraftmaschine **1** zugeführte Ladeluft zweistufig verdichtet werden, wobei ein erster Abgasturbolader **6** als Niederdruckstufe **6** dient und ein zweiter Abgasturbolader **7** als Hochdruckstufe **7**.

[0082] Aus diesem Grund ist der erste Verdichter **6b** größer ausgelegt als der zweite Verdichter **7b**, weil bei dieser Ausgestaltung der Brennkraftmaschine **1** der erste Verdichter **6b** im Rahmen der zweistufigen Verdichtung die Niederdruckstufe **6** bildet, wohingegen der zweite Verdichter **7b** die bereits vorverdichtete Luft komprimiert und somit die Hochdruckstufe **7** darstellt.

[0083] Aus demselben Grund ist die erste Turbine **6a** größer ausgelegt als die zweite Turbine **7a**. Denn die zweite Turbine **7a** dient als Hochdruckturbine **7a**, während sich in der ersten Turbine **6a** ein Abgasstrom entspannt, der bereits infolge des Durchlaufens der Hochdruckstufe **7** einen geringeren Druck und eine geringere Dichte aufweist.

[0084] Stromabwärts der Verdichter **6b**, **7b** ist ein Ladeluftkühler **5** in der Ansaugleitung **2** angeordnet. Der Ladeluftkühler **5** senkt die Lufttemperatur und steigert damit die Dichte der Ladeluft, wodurch er zu einer besseren Füllung der Zylinder **3** mit Luft beiträgt.

[0085] Die zweite Turbine **7a** des zweiten Abgasturboladers **7** weist eine zweite Bypassleitung **12** auf, die stromaufwärts der zweiten Turbine **7a** von der Abgasleitung **4** abzweigt und stromabwärts dieser zweiten Turbine **7a** wieder in die Abgasleitung **4** mündet, wobei in der Bypassleitung **12** ein Absperrerelement **13** angeordnet ist.

[0086] Bei der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform verfügt die erste Turbine **6a** über eine feste, nicht veränderbare Turbinengeometrie. Zum Zwecke der Abgasabblasung ist eine erste Bypassleitung **14** vorgesehen, die stromaufwärts der ersten Turbine **6a** unter Ausbildung eines Knotenpunktes **8** von der Abgasleitung **4** abzweigt und stromabwärts dieser ers-

ten Turbine **6a** wieder in die Abgasleitung **4** einmündet. Am Knotenpunkt **8** ist ein Ventil **9** zur Steuerung der Bypassleitung **14** bzw. der abgeblasenen Abgasmenge in der Abgasleitung **4** angeordnet.

[0087] Stromabwärts der Turbinen **6a**, **7a** ist in der Abgasleitung **4** ein Abgasnachbehandlungssystem **15** vorgesehen.

[0088] Der erste Verdichter **6b** kann mit einer dritten Bypassleitung **10** ausgestattet werden (gestrichelt angedeutet), die stromabwärts des ersten Verdichters **6b** aus der Ansaugleitung **2** abzweigt. Diese Bypassleitung **10** dient der Ladeluftabbläsung und kann stromaufwärts des ersten Verdichters **6b** wieder in die Ansaugleitung **2** münden, wodurch die im ersten Verdichter **6b** komprimierte Ladeluft nicht abgeblasen, sondern lediglich zurückgeführt wird. Zur Steuerung der abgeblasenen bzw. rückgeführten Ladeluftmenge ist ein Absperrelement **11** in der Bypassleitung **10** vorgesehen.

Bezugszeichenliste

1	aufgeladene Brennkraftmaschine
2	Ansaugleitung
3	Zylinder
4	Abgasleitung, Gesamtabgasleitung
5	Ladeluftkühler
6	erster Abgasturbolader, Niederdruckstufe
6a	erste Turbine
6b	erster Verdichter
7	zweiter Abgasturbolader, Hochdruckstufe
7a	zweite Turbine
7b	zweiter Verdichter
8	Knotenpunkt
9	Ventil, 2-3-Wege-Ventil
10	dritte Bypassleitung
11	Absperrelement
12	zweite Bypassleitung
13	Absperrelement
14	erste Bypassleitung
15	Abgasnachbehandlungssystem

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1396619 A1 [0020, 0020, 0020, 0021]

Patentansprüche

1. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) mit einer Ansaugleitung (2) zur Versorgung mit Ladeluft und einer Abgasleitung (4) zur Abführung des Abgases und mit mindestens zwei in Reihe geschalteten Abgasturboladern (6, 7), die jeweils eine in der Abgasleitung (4) angeordnete Turbine (6a, 7a) und einen in der Ansaugleitung (2) angeordneten Verdichter (6b, 7b) umfassen und von denen ein erster Abgasturbolader (6) als Niederdruckstufe (6) dient und ein zweiter Abgasturbolader (7) als Hochdruckstufe (7) dient, wobei

- die zweite Turbine (7a) des zweiten Abgasturboladers (7) stromaufwärts der ersten Turbine (6a) des ersten Abgasturboladers (6) angeordnet ist und der zweite Verdichter (7b) des zweiten Abgasturboladers (7) stromabwärts des ersten Verdichters (6b) des ersten Abgasturboladers (6) angeordnet ist,
- eine erste Bypassleitung (14) vorgesehen ist, die stromaufwärts der ersten Turbine (6a) unter Ausbildung eines Knotenpunktes (8) von der Abgasleitung (4) abzweigt,
- eine zweite Bypassleitung (12) vorgesehen ist, die stromaufwärts der zweiten Turbine (7a) von der Abgasleitung (4) abzweigt und in der ein Absperrlement (13) angeordnet ist, und
- stromabwärts der Turbinen (6a, 7a) in der Abgasleitung (4) mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem (15) vorgesehen ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Ventil (9) am Knotenpunkt (8) in der Abgasleitung (4) angeordnet ist.

2. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventil (9) am Knotenpunkt (8) ein 3-2-Wege-Ventil ist.

3. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventil (9) am Knotenpunkt (8) eine verschwenkbare Klappe ist.

4. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Klappe ausgehend von einer versperrten ersten Bypassleitung (14) beim Freigeben der ersten Bypassleitung (14) gegen die Abgasströmung verschwenkbar ist.

5. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Bypassleitung (14) stromabwärts der ersten Turbine (6a) wieder in die Abgasleitung (4) mündet.

6. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Bypassleitung (12) stromaufwärts der ersten Turbine (6a) und stromabwärts der zweiten Turbine (7a) wieder in die Abgasleitung (4) mündet.

7. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verdichter (6b) größer ausgelegt ist als der zweite Verdichter (7b).

8. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Turbine (6a) größer ausgelegt ist als die zweite Turbine (7a).

9. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Turbine (7a) des zweiten Abgasturboladers (7) eine variable Turbinengeometrie aufweist.

10. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine dritte Bypassleitung (10) vorgesehen ist, die stromaufwärts des ersten Verdichters (6b) von der Ansaugleitung (2) abzweigt und in der ein Absperrlement (11) angeordnet ist.

11. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts der Verdichter (6b, 7b) ein Ladeluftkühler (5) in der Ansaugleitung (2) angeordnet ist.

12. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche mit mindestens zwei Zylindern (3), wobei jeder Zylinder (3) mindestens eine Auslassöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) aufweist und sich an jede Auslassöffnung eine Abgasleitung (4) anschließt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasleitungen (4) von mindestens zwei Zylindern (3) innerhalb des Zylinderkopfes zu mindestens einer Gesamtabgasleitung (4) zusammenführen.

13. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche mit mindestens einem Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist und mit mindestens einem integrierten Kühlmittelmantel ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine integrierte Kühlmittelmantel einen unteren Kühlmittelmantel, der zwischen den Abgasleitungen (4) und der Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, und einen oberen Kühlmittelmantel, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen (4) angeordnet ist, aufweist.

14. Aufgeladene Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass beabstandet zu den Abgasleitungen (4) in einer Außenwandung des Zylinderkopfes, aus der die mindestens eine Gesamtabgasleitung (4) austritt, mindestens eine Verbindung zwischen dem unteren Kühlmittel-

telmantel und dem oberen Kühlmittelmantel vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung benachbart zu dem Bereich angeordnet ist, in dem die Abgasleitungen (4) zur Gesamtabgasleitung (4) zusammenführen.

15. Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Warmlaufphase die erste Bypassleitung (14) freigegeben und der Abgasstrom via Abgasleitung (4) zur ersten Turbine (6a) unterbunden wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

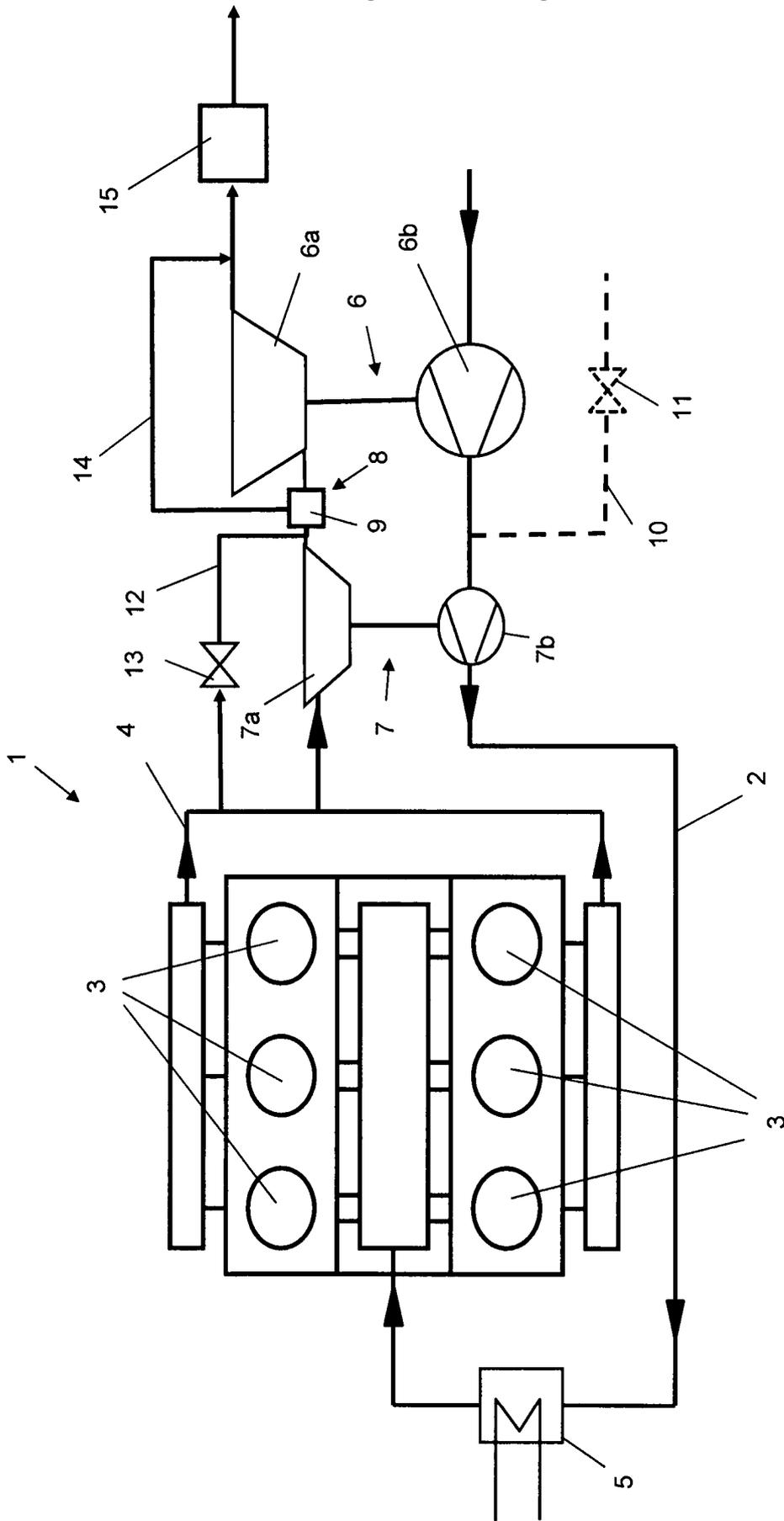


Fig. 1